



Universidad
Zaragoza

1542

Trabajo Fin de Grado

**¿Existen cambios en la función visual
debido al estudio?**

Do changes exist in visual function due to study?

AUTOR/ES

María Cortés Izaga

DIRECTOR/ES

Mª José Luesma Bartolomé
Fernando Soteras Abril

Facultad de Medicina. Universidad de Zaragoza.
Curso Académico 2015/2016

ÍNDICE

1. Resumen y palabras clave.....	3
2. Introducción.....	6
3. Objetivos del trabajo.....	13
4. Material y métodos.....	15
5. Resultados.....	19
6. Discusión.....	27
7. Referencias bibliográficas.....	32
8. Anexos.....	35

1. Resumen

OBJETIVO

El objetivo del presente estudio es analizar las prevalencias de los errores de refracción entre jóvenes universitarios con una elevada carga de horas de estudio y la posible influencia de este factor ambiental en cambios en la función visual de los mismos.

METODOS

Planteamos un estudio descriptivo de tipo transversal entre los estudiantes de Grado de Medicina de la Universidad de Zaragoza, en los que hemos tomado una muestra de alumnos del primer curso y otra de alumnos de sexto curso. Con el fin de comparar la prevalencia de los errores de refracción y la agudeza visual antes y después del factor ambiental que queremos estudiar. A los alumnos seleccionados se les realizó un cuestionario y se midió la agudeza visual con (AVcc) y sin corrección (AVsc), la existencia de miopía o hipermetropía y su graduación, y la existencia de un componente astigmático subjetivo.

RESULTADOS

El estudio muestra que la AVsc máxima se alcanzó por un menor número de alumnos de sexto curso que de primer curso ($p<0,05$), mientras que para la AVcc no se encontraron diferencias significativas en OI, aunque sí en OD ($p=0,028$). Respecto a la miopía la frecuencia fue considerablemente mayor en los alumnos de sexto curso que en los de primer curso (un 75% frente a un 55%, respectivamente), siendo además significativamente más frecuente ($p=0,01$) también para sexto curso la aparición de grados mayores de miopía. En cuanto a la hipermetropía y el astigmatismo no se encontraron diferencias significativas.

CONCLUSIÓN

En la línea de otros estudios hemos encontrado un aumento en la medición o valoración de miopía en los alumnos emétropes de inicio; y un aumento en la graduación de la intensidad de la misma en aquellos que ya la presentaban al inicio de los estudios, así como una menor frecuencia de alumnos con máxima AVcc al término de los estudios. Bien es cierto que dado el planteamiento de este estudio no podemos confirmar la alta carga de estudio como factor causal por lo que quedan las puertas abiertas a estudios futuros.

PALABRAS CLAVE

Agudeza visual, errores de refracción, miopía, factor ambiental, población universitaria.

ABREVIATURAS

- AV: Agudeza visual
- AVcc: Agudeza visual con corrección
- AVsc con AE: Agudeza visual con agujero estenopeico
- AVsc sin AE: Agudeza visual sin agujero estenopeico
- D: Dioptría/s
- OD: Ojo derecho
- OI: Ojo izquierdo

Abstract

PURPOSE

To analyze the prevalence of refractive errors among young academic with a high load of studying time and his possible influence in producing changes of the visual function.

METHODS

We propose a transversal descriptive study in medicine students of the University of Zaragoza, by taking a sample of student from first grade and another from sixth grade. We compare the refractive errors and visual acuity before and after environmental factor we want to analyze. Selected students were given a questionnaire, and their visual acuity with and without correction was measured as well as the existence of myopia or farsightedness, its graduation, and the existence of a subjective astigmatism component.

RESULTS

This study shows that maximum visual acuity without correction was achieved for less sixth grade students than first grade ($p<0,05$), as well as visual acuity with correction, for which significant differences were not found in left eye, but they were found in right eye ($p=0,028$). Frequency of myopia was substantial higher in sixth grade students than in first grade ones (75% versus 55% respectively). In addiction the prevalence of high levels of myopia was significantly higher ($p=0,01$) among sixth grade students the prevalence of high levels of myopia. Regarding farsightedness and astigmatism no significant differences were found.

CONCLUSIONS

Like in others studies we have found an increase of myopia between those students which have no refractive problem and an aggravation of the level of myopia between those who present myopia at the starts of their studies. As well as minor frequency of students with maximum visual acuity with correction at the end of their studies. It is a fact that because the approach of this study we can't be able to confirm the studying time as an environmental factor of loss of visual acuity, so further studies should be performed.

KEY WORDS

Visual acuity, myopia, refraction errors, environmental factor, university students.

2. Introducción

1.1 Fisiología ocular

El ser humano es un organismo que está en constante contacto con el medio que lo rodea. La vista es el sentido que recibe mayor cantidad de información, de tal forma que el 85% aproximadamente de dicha información es recogida o captada a través de este receptor visual. Desde el punto de vista filogenético, es un sentido muy evolucionado y nos permite tener una visión panorámica, cromática y tridimensional del mundo que nos rodea. El proceso de la visión es muy complejo y aún no del todo descifrado actualmente. Esquemáticamente está formado por dos receptores: los globos oculares u ojos y sus anexos; sus vías de comunicación integradas en lo que conocemos como nervios ópticos que tras su entrecruzamiento en el quiasma pasan a denominarse cintillas ópticas y una serie de núcleos cerebrales a distintos niveles de complejidad donde efectúan distintas sinapsis, hasta alcanzar la corteza cerebral en la parte occipital, en cuya zona se efectúa la percepción integral de la imagen visual.

De las distintas estructuras que forman parte del ojo, podemos destacar las siguientes por su importante papel en la recepción de la imagen de un objeto cualesquiera:

La *córnea*, estructura transparente situada en la parte anterior del ojo que no posee vasos y sí una gran cantidad de nervios. Constituye desde el punto de vista óptico, la lente con un mayor poder de refracción (de 45 a 47 dioptrías). Se continúa con la *esclerótica*, que se compone de fibras elásticas y haces de tejido conjuntivo, sirviendo de estructura, tamaño y mantenimiento de forma del ojo.

Hacia el interior del ojo, destacamos también la presencia del iris en cuya parte central se sitúa la pupila que es un orificio por donde penetra la luz hacia el interior del globo ocular. Esta estructura realiza un papel de diafragma aumentando su diámetro en situación de baja luminosidad (midriasis) y disminuyendo el mismo (miosis) cuando la intensidad de luz es alta.

Siguiendo hacia el interior del ojo, nos encontramos con el *cristalino* con forma de lente biconvexa. Junto con la córnea se encarga de enfocar la imagen en la mácula, variando su poder de refringencia en función de la distancia a la que se encuentre el

objeto. Cuando la distancia es menor a 6 metros es necesario un cambio en el diámetro del cristalino, gracias a la acción del músculo ciliar, para una nítida visión de los objetos. Este proceso se denomina acomodación. Además de la acomodación del cristalino, intervienen la convergencia ocular y la miosis de la pupila para la correcta visión de un objeto próximo.

La retina es la capa más profunda del ojo y en realidad está constituida por tejido nervioso especializado dentro del globo ocular. Está compuesta de diez capas o estratos, destacando entre otras las siguientes: células epiteliales pigmentarias, fotosensores o fotorreceptores denominados también conos y bastones, células horizontales, células bipolares, células amacrinas y células ganglionares, cuyos axones finales constituyen el propio nervio óptico ⁽¹⁾. La capa pigmentada de la retina es la encargada de restituir los pigmentos que utilizan los fotorreceptores en su función de transducción ⁽²⁾. Los fotorreceptores se encuentran junto al epitelio pigmentario, y tienen como función la transducción que constituye la transformación de impulsos lumínicos en impulsos nerviosos, conduciendo así el estímulo visual hacia el cerebro. Este es el primer escalón de la vía óptica. En la zona central de la retina se encuentra la mácula y una pequeña depresión central denominada fóvea. Esta zona macular está constituida únicamente por conos, un tipo de fotorreceptor que permite discriminar colores y ver con nitidez los objetos (visión central), punto muy importante en relación a la agudeza visual que nombraremos más adelante⁽³⁾. El resto de la retina, está formada por conos y bastones aunque estos últimos mucho más numerosos. Los bastones son capaces de estimularse con una intensidad de luz menor que para el caso de los conos. La visión obtenida en toda esta zona periférica es muy poco nítida con respecto a la forma, color y características en general de los objetos

Muy próximo a la fóvea, se encuentra el punto ciego, lugar en el que se encuentra la papila o salida del nervio óptico, careciendo de poder visual⁽¹⁾.

1.2 Agudeza visual

Generalidades de la agudeza visual (AV)

El ojo humano funciona como un sistema óptico concéntrico que mediante la córnea, humor acuosos, cristalino, cuerpo vítreo y primeras capas de la retina, hacen

possible el correcto enfoque de los haces de luz para ser proyectados con la mayor nitidez posible sobre los fotorreceptores de la capa sensible de la retina. Mediante la transparencia, curvatura e índice de refracción de estos medios y la regulación de los mismos es como se logra una correcta visión.

Para comprender de forma adecuada el sistema óptico del ojo es preciso recordar algunos principios básicos de óptica. La luz viaja rápido por el aire (300.000 km/s) pero disminuye su velocidad en los medios sólidos y líquidos transparentes, de esta diferencia, del cociente entre la velocidad de la luz en el aire y la velocidad de la luz en otro medio se obtiene el concepto de *índice de refracción*. Cuando la luz llega a una superficie con distinto índice de refracción y los rayos luminosos no llegan de forma perpendicular a la misma, se produce un cambio de dirección de los mismos. A esta desviación se le denomina *refracción*, que se verá influenciada tanto por la diferencia de índices de refracción de los medios como por el ángulo entre los rayos de luz y la superficie del límite del medio⁽²⁾.

Los distintos rayos de luz procedentes de un objeto llegan al ojo de forma paralela y en su trayecto hasta la retina atraviesan las diferentes estructuras oculares que actúan como lentes originando desviaciones de dichos rayos de luz en dependencia de los índices de refracción de dichas estructuras.

En cuanto a los diferentes tipos de lentes y sus principios de refracción, nos interesa conocer sobretodo el comportamiento de las lentes convexas, pues en el ojo humano el efecto global corresponde al realizado por este tipo de lentes. Al llegar la luz de manera perpendicular a la superficie de una lente convexa, los rayos que llegan a la zona central la atraviesan sin sufrir refracción, pero a medida que se alejan se encuentran con un ángulo que hace que los rayos más externos se vayan desviando más hacia el centro, lo que se define como *convergencia*. Cuando la lente posee la curvatura suficiente hace que estos rayos converjan uniéndose en un punto, llamado *punto focal*. La distancia entre el centro óptico de la lente y este punto se llama *distancia focal (f)*. Cuando una lente produce mayor desviación de los rayos de luz se dice que tiene mayor poder de refracción o dióptrico, este poder se denomina potencia de una lente y corresponde al inverso de la distancia focal (f) expresada en metros. La unidad de potencia de una lente es la dioptría:

$$P = 1/f \text{ (m)} = \text{dioptrías}$$

Para una lente convergente la distancia focal es positiva. Para una lente divergente, la distancia focal es negativa.

El mecanismo de funcionamiento del ojo humano puede compararse con el de una cámara fotográfica, en el que las lentes están compuestas por 4 superficies de refracción: la separación del aire con la córnea anterior, la córnea posterior y humor acuoso, humor acuoso y parte anterior del cristalino y parte posterior de cristalino y humor vítreo; la pupila como sistema de apertura variable y la película correspondería a la retina.

El poder de refracción de estos medios es distinto, desde 1 del aire hasta 1'34 del humor vítreo, pero se simplifica y se toma el conjunto como una lente con un poder de refracción de 59 D, en las que dos tercios las da la córnea (por la mayor diferencia entre los índices de refracción) y 20 D que aporta el cristalino. La imagen que se forma en la retina es una imagen invertida respecto al objeto. Llega así hasta el cerebro donde ya es correctamente integrada⁽²⁾.

La Acomodación es el proceso por el cual el cristalino varía su distancia focal según la vergencia de la luz incidente⁽³⁾ es decir, el cambio dióptrico en la potencia del ojo. En la visión denominada lejana, los ligamentos suspensorios del cristalino se encuentran tensos, proporcionando una forma aplanada al cristalino. Es en estas condiciones de normalidad cuando el poder de refracción del cristalino es de una 20 D⁽⁵⁾. Lo que ocurre en la visión cercana es que se contraen los músculos ciliares, compuestos por fibras meridionales y fibras circulares, que hacen que se relajen los ligamentos suspensorios y el cristalino adquiere forma más esférica, presentando así mayor poder dióptrico y consiguiendo por lo tanto el enfoque necesario para la correcta visión de los objetos cercanos. Estos cambios que se producen para lograr siempre una correcta visión y lograr enfocar objetos desde una distancia infinita hasta una distancia no menor a la punta de la nariz es la acomodación⁽⁴⁾; en los niños este poder de acomodación puede variar desde las 20 D a 34 D⁽²⁾.

La acomodación es controlada por el sistema nervioso parasimpático, que desde el núcleo de Edinger-Westphal o núcleo accesorio del III par craneal (N. Oculomotor común) en el troncoencéfalo, emite la orden de contraer los dos tipos de fibras del músculo ciliar, relajando el ligamento suspensorio del cristalino lo que produce un

abombamiento del mismo, pasando éste de ser una lente convexa a una lente muy convexa⁽²⁾.

La agudeza visual (AV) es una medida esencial para valorar la capacidad visual. Se define como la capacidad de percibir y diferenciar dos estímulos separados por un ángulo determinado (α), o dicho de otra manera es la capacidad de resolución espacial del sistema visual ⁽⁶⁾. Matemáticamente la AV se define como la inversa del ángulo con el que se resuelve el objeto más pequeño identificado ⁽⁷⁾.

$$AV = 1/\alpha$$

La capacidad límite de resolución de un ojo emétrope es entre 30 segundos y 1 minuto de arco, medida que se definió al cuando los primeros astrónomos observaron que era posible observar dos estrellas separadas cuando existía al menos una distancia entre las mismas de un ángulo de al menos un minuto de arco ⁽³⁾. Para esto, además de la participación de las estructuras oculares (córnea, cristalino, retina, etc), se requiere la integridad de la vía óptica y la corteza visual. Es por esto que una AV normal indica que la estructura del ojo es sana, con una función refractaria, o enfoque correcto y una vía óptica íntegra.

Ahondando más en el concepto de resolución, sabemos que cada rayo de luz que procede de una fuente puntual (punto objeto), posee un punto retiniano que, en las mejores condiciones ópticas de máxima resolución, tiene un diámetro de 11 micrómetros. La fóvea tiene una dimensión de 1mm^2 y en ella la fóvea central tiene un diámetro de 0'3 mm, formada sólo por conos. Estos conos en esta zona de máximo desarrollo de visión tienen un diámetro de 1'5 micrómetros, siendo aun así una séptima parte del punto retina luminoso. Este punto retina es más brillante en el centro, oscureciéndose hacia la periferia, es por eso que el ojo humano puede distinguir dos objetos cuando el centro de su punto retina queda separado por al menos 2 micrómetros, que es la máxima AV. Esta máxima AV se da en la fóvea y es hasta 10 veces menor conforme se va alejando a la periferia pues aquí cada vez más conos y bastones quedan conectados a cada fibra del nervio óptico. Es por esto por lo que la zona de la fóvea representada en la corteza visual primaria es mucho mayor que la que le corresponde a la periferia ⁽²⁾.

Existen distintos factores que afectan a la AV:

- *Factores físicos*: como los de la sala o los optotipos con los que se mide la AV (iluminación, color, contraste, distancia al sujeto, tipografía, etc.) y del ojo (tamaño y difracción ocular, ametropía y aberraciones ópticas).
- Factores fisiológicos: la densidad de los fotorreceptores, la motilidad ocular (movimientos sacádicos) que estabiliza la imagen retiniana, los defectos de refracción (la AV es máxima en la fóvea), el tamaño pupilar, la edad del sujeto (decae a partir de los 40-45 años se comienza un proceso de pérdida de la acomodación, en torno a 0'3D por año)⁽⁵⁾, monocularidad/binocularidad (la AV binocular es entre 5-10% mayor que la monocular), factores neuronales, enfermedades que puedan afectar a la AV o efectos de medicamentos.
- Factores psicológicos como fatiga física y/o psíquica, motivación o aburrimiento (más en niños) o experiencias previas con la prueba⁽⁷⁾.

Cuando un ojo posee las condiciones de refracción normales, es decir, con la acomodación relajada los rayos luminosos convergen en la fóvea de la retina, se denomina emetropía. La agudeza visual de una persona emétreope cabe esperar que sea la máxima posible tanto en visión lejana como cercana. Por el contrario la ametropía es la cualquier condición refractaria distinta de la normal, es decir, existe un defecto o anomalía refractaria y cuando la acomodación es relajada, los rayos luminosos no convergen sobre la fóvea de la retina, por lo que la AV estará disminuida.

Es en estos casos de disminución de AV cuando a través del uso del agujero estenopeico, que hace que ingresen a través de la pupila sólo los rayos luminosos alineados centralmente, podemos determinar si esta alteración es producida por un error de refracción o una patología ocular (cataratas, glaucoma, leucoma corneal, enfermedades retinales o del nervio o vías ópticas).

Existen tres tipos de ametropía: miopía, hipermetropía y astigmatismo.

La *miopía* se trata de una condición en la que en condiciones de acomodación relajada, los rayos de luz convergen antes de la retina. Suele aparecer en la primera década de vida y progresar lentamente hasta los 25-30 años. Esto puede suceder porque la longitud focal del sistema óptico sea más corta de lo normal o la longitud axial sea más larga de lo normal, o la curvatura de la córnea sea mayor, otorgando ese exceso de potencia de refracción. La AV en la miopía sin compensación óptica se ve disminuida

en función del grado de miopía, pudiendo variar considerablemente de un individuo a otro. Esto ocurre porque la imagen óptica de un objeto no se forma nítidamente sobre la retina. Se corrige con lentes divergentes.

La *hipermetropía* es la condición en la que con una acomodación relajada, los rayos de luz convergen hacia un foco posterior de la retina. Puede ocurrir esto porque la longitud focal del sistema óptico sea más grande de lo normal o la longitud axial sea más corta de lo normal o la córnea sea más plana. Al contrario que en la miopía, el ojo hipermetrópico sin compensación óptica puede hacer coincidir la imagen formada por el sistema óptico con la retina y con un grado correcto de acomodación puede conseguir una AV normal. Es frecuente en niños, en pacientes jóvenes si es de bajo grado no es sintomático pues el cristalino compensa el defecto. Se corrige con lentes convergentes.

El *astigmatismo* se trata de la incapacidad de formar imágenes puntuales de un punto objeto. Es el defecto más frecuente en la población. Esto es debido a que la potencia refractante del sistema óptico varía de un meridiano a otro, fenómeno que suele deberse a cambio morfológico de la córnea, que poseen curvaturas más cerradas en el meridiano vertical que en el horizontal. Esto hace que la luz al atravesar los diferentes radios de curvatura, refracte de forma diferente, no convergiendo en un mismo punto sino dando dos líneas focales. En relación a estas dos líneas focales de la retina, el astigmatismo se clasifica en: simple, compuesto o mixto. La AV de un astigmatismo varía en función de los grados, si son pocos grados o es mixto apenas interfiere en la AV, de lo contrario en cierta medida puede corregirse con la acomodación. En el astigmatismo compuesto ocurre lo contrario y cualquier intento de acomodación hace la imagen retiniana aún más borrosa ⁽⁴⁾.

La existencia de alguno de estos errores de la refracción va a afectar directamente a la AV, produciendo una disminución de la misma. Actualmente tanto a nivel mundial como a nivel europeo, de entre estos defectos el más prevalente es, con diferencia, la miopía ⁽⁸⁾. Por lo tanto una de las condiciones que más frecuentemente modificará la AV será la existencia de miopía.

3. Objetivos del trabajo

Al revisar la literatura, se observa que hay pocos estudios sobre los cambios en la refracción ocular producidos entre los 20 y 40 años ⁽⁷⁾ y es muy difícil por lo tanto establecer unos patrones de normalidad respecto a los mismos. Lo que sí que nos permite saber la bibliografía existente sobre los distintos errores de refracción es lo siguiente:

En cuanto al astigmatismo, no se han observado grandes cambios en dicho intervalo, tal y como se recoge en los estudios de Morga ⁽⁹⁾ y de Grosvenor ⁽¹⁰⁾ en los que se indica la no existencia de variaciones entre los 13 y 33 años de edad, y entre los 2º y 40 años respectivamente.

Respecto a la miopía en los adultos jóvenes, según estudios de Goss *et al*⁽¹¹⁾, se determina la progresión de la miopía en el adulto joven, a partir de los 18 años de edad, como la de estabilización adulta (la más frecuente), continuación en la edad adulta (frecuencia muy baja), y por último y con la forma de menor frecuencia, aquellas que existe una nueva etapa de aceleración en la edad adulta y donde se incluyen los casos de nueva aparición a esta edad. Además existen estudios que indican que no existen diferencias entre el ojo que se vuelve miope en la edad adulta y aquel que la inició en la juventud, sino que se sospecha que se debe más bien a un componente axial⁽⁴⁾.

En lo que se refiere a la hipermetropía, es durante la juventud cuando se compensa total o en su mayor parte gracias a la acomodación, y se denomina hipermetropía latente. Es al envejecer cuando se pierde este poder de acomodación y la hipermetropía se hace latente.

Por esto, a la hora de estudiar los cambios de AV en el adulto joven, una vez establecidos los cambios de refracción asociados a la edad, nos hace pensar que quizá tengan gran relevancia los factores ambientales.

Como se ha comentado anteriormente, son muchos los factores que pueden influir en los cambios de la AV, siendo entre ellos los factores ambientales los que quizá influyan más en estos cambios en una determinada edad como es en el adulto joven. Es por ello por lo que sería interesante tratar de comprobar si existe una asociación entre los cambios producidos en esta edad debido a factores ambientales

como puede ser la lectura, la visión cercana, las horas de estudio, el uso de televisión, ordenadores, móviles y otros aparatos electrónicos, etc.

Para ello vamos a analizar las prevalencias de los errores de refracción que existen en aquellos adultos jóvenes entre cuyos factores ambientales aparecen el cursar unos estudios universitarios en los que la carga de horas de estudio (horas de lectura y trabajo con ordenador) sean elevadas.

Realizar un estudio para poder demostrar esta hipótesis de causalidad es altamente complejo por el alto número de variables que pueden influir en la misma y por los recursos disponibles tales como el tamaño de muestra, tiempo, etc. Lo ideal sería realizar un estudio prospectivo, de cohortes, con los alumnos de Medicina como alumnos expuestos al factor de causalidad, para lo cual deberíamos realizar un seguimiento en el tiempo y analizar en detalle sus posibles exposiciones a factores ambientales. Dadas las actuales condiciones para la realización de este trabajo, y la propia naturaleza del mismo, nos hemos tratado de adaptarlo y realizar un estudio transversal y observar si podría generarse alguna hipótesis de causalidad.

4. Material y métodos

4.1 Pacientes

Para la realización de este trabajo se planteó un estudio descriptivo, de tipo transversal, en el que dentro de la población a analizar; los estudiantes del Grado de Medicina de la Universidad de Zaragoza, tomamos dos muestras representativas de los cursos de 1º y 6º, es decir antes y tras la exposición al posible factor de causalidad ambiental que queríamos valorar. Para la toma de datos, se determinó una muestra representativa de entre 35 a 40 alumnos por curso. Se seleccionaron mediante técnica de muestreo no probabilístico como es el muestreo de casos consecutivos; para ello dentro de la población accesible se fueron realizando las mediciones de datos a los alumnos que aceptaron participar en el estudio y que cumplían los criterios de selección de estudio hasta llegar a alcanzar el número de participantes necesarios. Se establecieron como criterios de exclusión del estudio el presentar patologías que afecten a la visión, así como fármacos que puedan afectar a la misma y el haber sido intervenido previamente de algún tipo de cirugía ocular, procesos que puedan ser causantes de pérdida de agudeza visual.

En la población de Primer curso se realizó la medición en 40 estudiantes, previamente se excluyó a uno alumno por presentar cicatrices cornéales debidos a una infección vírica previa.

De la población de Sexto curso, también se realizó la exclusión de un estudiante por estar en tratamiento con un fármaco que puede causar alteraciones en la visión como es la Sertralina. Quedando entonces una muestra de 37 personas.

El estudio fue revisado por el Comité Ético de Investigación Clínica de Aragón (CEICA), determinando que no se vulneraba ningún principio ético en la realización del mismo. Se explicó a los sujetos las características del estudio, la participación fue voluntaria y se les aclaró que no se darían a conocer las respuestas individuales.

4.2 Protocolo de medida

Para la realización del estudio se recogen los datos que aparecen en la plantilla que se adjunta en el anexo I. La toma de los mismos se realiza en el laboratorio de óptica de la facultad de Medicina de la Universidad de Zaragoza.

Tras un breve cuestionario se toma primero la AV lejana sin corrección (AVsc). Para ello usamos optotipos de Snellen a una medida de 6 metros (infinito óptico) como el método más ampliamente aceptado^(4,6). Esto se consiguió mediante la proyección de estos optotipos desde una distancia de 6 metros, sobre un fondo blanco y en una sala con una baja iluminación⁽⁶⁾.

Los optotipos de Snellen son letras en las que el ancho de trazo es igual a 1 minuto de arco o la capacidad límite de resolución del ojo humano. La mayoría de los optotipos tienen una altura de 5 unidades y una anchura de 4 unidades. Así el optotipo más característico como es la letra E, posee tres trazos y dos resquicios. Para determinar la Av de un paciente, se anota la línea de las letras más pequeñas que este pueda ver, notación que se realizó de forma decimal. Esto es, para una AV normal (capaz de discernir un resquicio de 1 minuto de arco) se le da valor de 1. Este valor se obtiene de la fracción de Sneller que es el cociente entre la distancia de la prueba y designación de la línea más pequeña que puede leerse. La distancia generalmente es 6 metros, o 20 pies con el sistema métrico inglés. Por lo tanto, un ojo que posea una AV normal, será una AV de 1 o 20/20, pues a una distancia de 6 metros es capaz de identificar letras de una altura de 8'7mm⁽⁴⁾. Los optotipos siguen una progresión aritmética para las distancias (en pies) de 200, 100, 70, 50, 40, 30 y 20 (de menor a mayor AV), que en escala decimal corresponden respectivamente a las AV de 0,05; 0,1; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6 y 1,0. Así pues la agudeza visual quedó definida como normal cuando poseía el valor de ≥ 1 , ya que el mayor porcentaje de personas con un ojo calificado de normal correspondía a esa agudeza visual.

Cuando esta primera medida nos da una notación menor de 0'6, se realizó la misma prueba pero esta vez con el agujero estenopeico. Esto es, a través de un orificio de un diámetro de 1 a 1'5 mm, lo que produce un aumento en la profundidad de foco, disminuyendo así la borrosidad que producen en la imagen retiniana los defectos de refracción. Si con él constatamos un aumento de la AV lo que confirmamos es la existencia de un defecto de la refracción que puede ser corregido mediante el uso de lentes. Y descartamos que el motivo de la disminuida AV sea otra patología del ojo o de la vía óptica posterior a la córnea o una ambliopía.

En los casos en los que se detectó la existencia de un error de refracción se prosiguió con la toma de la AV con corrección. En este caso se realizó una nueva

medida de AV con la mayor corrección (AVcc), tomada al usar la mayor refracción posible, como su nombre indica.

La toma de todas AV se realizó de forma monocular, en el orden ya indicado, AVsc, con agujero estenopeico si fue necesario y finalmente AVcc cuando fue pertinente. En todos estos casos se anotó como AV la línea de las letras más pequeñas que el sujeto era capaz de identificar, aceptando como correcta la última línea en la que se permitió un máximo de dos fallos de letra por dicha línea.

En cuanto a la miopía como error de refracción, la existencia de la misma quedó definida cuando había un grado de defecto mayor a -0.5 dioptrías (D). Dentro de la misma se establecieron diferentes grados como fueron: miopía baja, hasta - 3.0 D; miopía moderada, entre - 3.0 D (inclusive) y - 6.0 D; y miopía moderada, entre - 6.0 D y -9,0 D (ambos inclusive); y miopía extrema más de -9.0 D.

Con respecto a la determinación de la existencia o ausencia de astigmatismo se realizó la prueba del test horario para determinar la existencia de un componente astigmático de una forma subjetiva por parte del estudiante. Para la realización de la prueba se proyecta en la misma pantalla el optotipo con el test horario, denominado del reloj porque su imagen se asemeja a una esfera de dicho objeto, con una serie de líneas separadas cada una de ellas 30 grados, al igual que las líneas horarias de un reloj. Al estudiante se le pregunta si observa todas las líneas iguales o si existen predominio o mayor nitidez de alguna de ellas. Si el individuo las ve todas por igual nos indica que no presenta astigmatismo, finalizando esta prueba. Mientras que sí señala la existencia de unas líneas con mayor predominio que otras (más negras) estamos ante un caso positivo de astigmatismo; es entonces cuando le pedimos que nos indique las líneas que predomina y esto indica el eje de astigmatismo que tiene afectado. Esta prueba la realizamos de forma independiente para cada ojo. Para una comprobación más fehaciente sería necesaria su medida y comprobación objetiva con un queratómetro cuya utilización queda fuera del objetivo de este trabajo.

4.3 Estadística

El análisis de la distribución de las muestras se realizó aplicando el test de bondad de ajuste de Shapiro-Wilk, equivalente a Kolmogorov-Smirnov, pero indicado

en muestras menores a cincuenta individuos, como se daba en este estudio. En la comparación de los valores de las distintas variables se aplicó análisis de frecuencias y el test de Mann-Whitney para datos no paramétricos independientes y chi-cuadrado para analizar la relación entre dos variables cualitativas. El nivel de significación estadística (p) fue 0,05 para todos los análisis.

El procesamiento de la información se llevó a cabo en el programa IBM SPSS Statistics 19 para Windows.

5. Resultados

En este trabajo se ha estudiado la agudeza visual de alumnos matriculados en el primer curso (n=40) y de sexto curso (n=37) de la Facultad de Medicina de Zaragoza correspondiente al curso 2015-2016.

Con respecto a la muestra de alumnos de 1º curso destacar los siguientes datos preliminares recogidos (Tabla I):

El 75% fueron mujeres frente a un 25% hombres. La mayor parte (95%) poseía una edad comprendida entre 18-20 años, solo un 5% (n=2) presentaban una edad superior a 30 años.

Cabe destacar además que el 87,5 % manifestaba estudiar al menos una media de 3 o más horas diarias, adicionales a las horas académicas (entre 4-6 horas).

En relación a aspectos visuales el 57,5 % de ellos señalaba sentir cansancio en la visión al final del día. De estos alumnos menos de la mitad (47,5%) usaban lentes o lentillas.

Del conjunto de alumnos de 6º curso se analizaron 37 estudiantes, de los que un 83,8 % eran mujeres. El total de los alumnos tenía edades comprendidas entre 23 y 24 años.

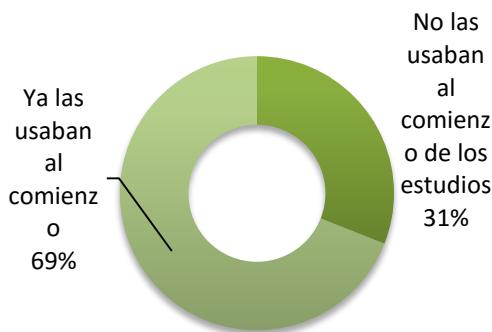
Señalar que un 72,9 % invertía al menos 3 horas diarias al estudio, y un 40,5 % sentía cansancio en la vista al final del día.

		1º	6º
Sexo	Mujer	75%	83,8%
	Hombre	25%	16,2%
Edad	<20	95%	-
	23-24	-	100%
	>30	5%	-
Horas estudio día	< 3 horas	12,5%	27,1%
	>3 horas	87,5%	72,9%
Cansancio en la vista al final del día	Si	57,5%	40,5%
	No	42,5%	59,5%
Uso gafas/lentillas	Si	47,5%	78,4%
	No	52,5%	21,6%

Tabla I. Datos cuestionario curso 1º y 6º.

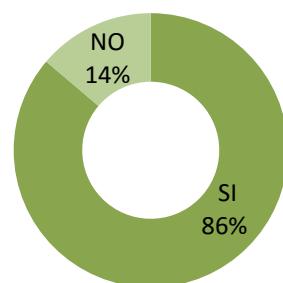
En las Gráficas 1 y 2 se detallan algunos de los datos visuales más importantes de los alumnos de 6º curso. Cabe destacar que un 78,4 % hacía uso de lentes o lentillas, y los que no presentan ningún error de refracción fueron el 21,6 %. Indicar que de este 78,4 %, un 31,3 % no llevaban corrección visual o no las necesitaban en 1º. Además, como se muestra en las gráficas 1 y 2, de este 78,4 % que presentaba errores de refracción, un 86,2 % han tenido que aumentar la graduación de las lentes a lo largo de su carrera universitaria.

Alumnos 6º curso con uso de gafas/lentillas



Gráfica 1. Tiempo desde que usan lentes alumnos 6º curso.

Alumnos 6º curso que han aumentado su graduación



Gráfica 2. Porcentaje de alumnos de 6º curso que han incrementado su graduación.

Agudeza Visual (AV)

En relación a la agudeza visual, los resultados obtenidos en los alumnos de 1º curso quedan reflejados en la Tabla II.

Alumnos 1º	AVsc sin AE		AVsc con AE		AVcc	
	OD	OI	OD	OI	OD	OI
0 – 0,3	42,5%	35%	7,5%	12,5%	2,5%	2,5%
0,4 – 0,6	10%	10%	22,5%	17,5%	2,5%	10%
0,7 -0,9	12,5%	17,5%	32,5%	30%	12,5%	20%
≥1	35%	37,5%	37,5%	40%	82,5%	67,5%

Tabla II. Resultados de AV de los alumnos de primer curso.

En dicha Tabla puede apreciarse que la AV era normal en el 35% de las personas en su ojo derecho (OD) y de un 37,5% en su ojo izquierdo (OI). La utilización de AE producía un ligero incremento en la AV y con la corrección la mayoría de los alumnos alcanzaban una correcta AV (82,5% para OD y 67,5% para OI).

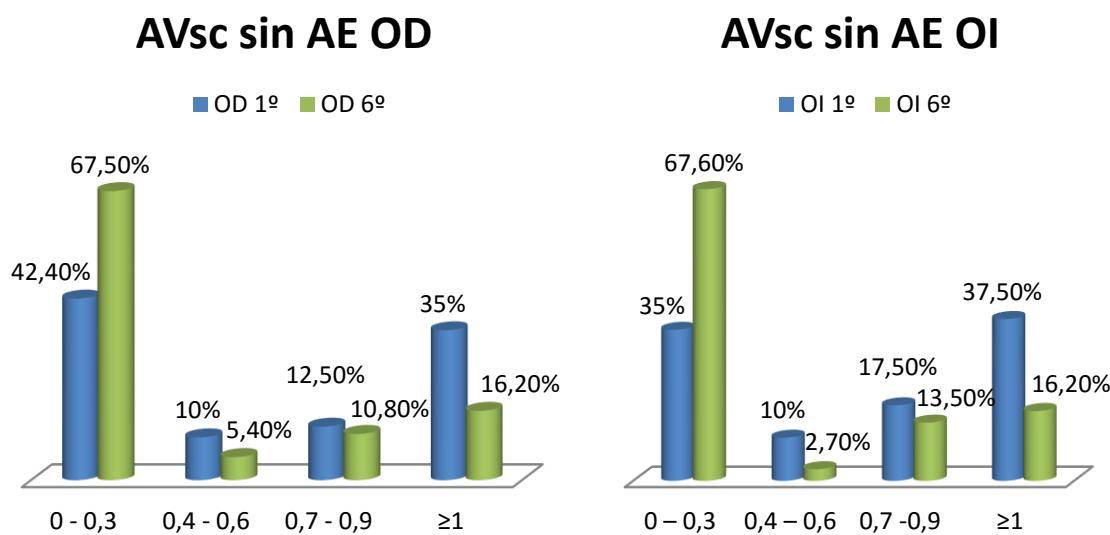
En la Tabla III, quedan reflejados los datos obtenidos en los alumnos de 6º curso, relativos a la AV.

Alumnos 6º	AVsc sin AE		AVsc con AE		AVcc	
	OD	OI	OD	OI	OD	OI
0 – 0,3	67,6%	67,6%	32,4%	40,6%	-	2,7%
0,4 – 0,6	5,4%	2,7%	24,4%	21,6%	8,1%	2,7%
0,7 - 0,9	10,8%	13,5%	27%	21,6%	27%	37,8%
≥1	16,2%	16,2%	16,2%	16,2%	64,9%	56,8%

Tabla III. Resultados de AV en los alumnos de sexto curso..

En dicha tabla puede señalarse que tan solo un 16,2% de los alumnos alcanzaban una AV óptima sin corrección ya fuese con o sin AE. Este porcentaje se incrementaba apreciablemente (64,9% OD y 56,8% OI) cuando se efectuaba la corrección.

En las gráficas 3 (OD) y 4 (OI) se comparan los datos obtenidos de AV sin AE entre 1º y 6º cursos.

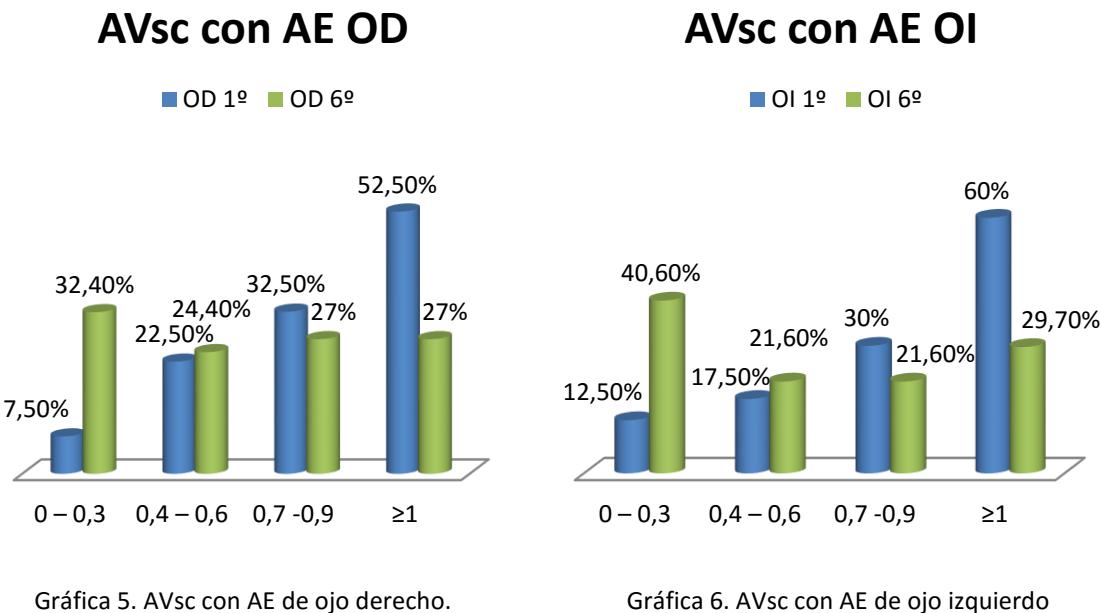


Gráfica 3. AVsc sin AE de ojo derecho.

Gráfica 4. AVsc sin AE de ojo izquierdo.

En ambas gráficas se puede apreciar como la AV máxima es alcanzada por mayor número de alumnos en 1º curso que en 6º curso ($p<0,05$) y, además, la menor agudeza visual es más frecuente entre el alumnado de 6º que en 1º en ambos ojos ($p<0,05$).

En las gráficas 5 (OD) y 6 (OI) se comparan los datos obtenidos de AV con AE entre 1º y 6º cursos.



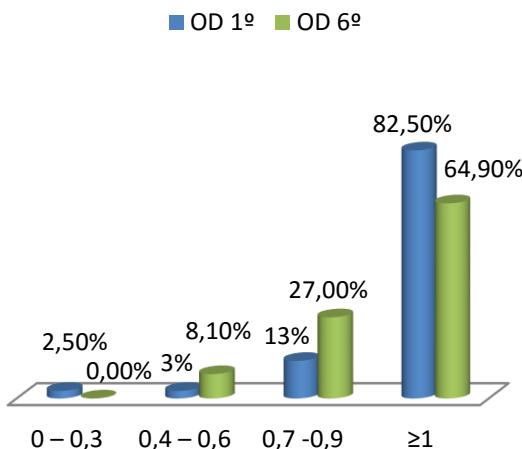
Gráfica 5. AVsc con AE de ojo derecho.

Gráfica 6. AVsc con AE de ojo izquierdo

La AVsc con AE fue normal con una prevalencia del 52,5% en OD y 60% en OI para el 1º curso y de un 27% en OD y 29,7 % en OI con unos niveles de significancia de $p<0,01$ en OD y $p<0,02$ en OI.

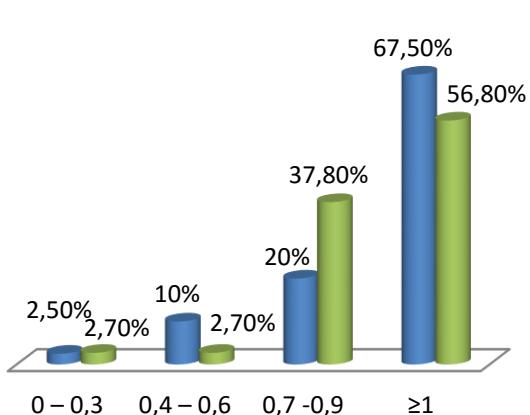
En las gráficas 7 (OD) y 8 (OI) se comparan los datos obtenidos de AV corregida entre 1º y 6º cursos.

AVcc OD



Gráfica 7. AVcc de ambos cursos del OD.

AVcc OI



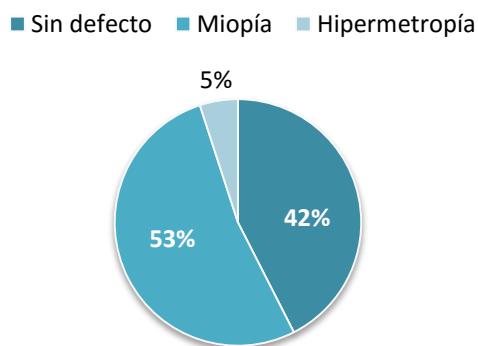
Gráfica 8. AVcc de ambos cursos del OI.

La AVcc fue significativamente menor en el OD mientras que no se encontraron diferencias significativas para el OI, como recoge la gráfica 8. La prevalencia de AVcc normal en el Primer curso fue del 82,5% para OD y 67,5% para OI, y en el sexto curso de un 64,9% para OD y 56,8% en OI, con unos niveles de significancia de $p=0,028$ para OD y $p=0,479$ para OI.

En relación a la prevalencia de los errores de refracción, los resultados obtenidos se muestran en las gráficas 9 y 10 para el curso de 1º y las gráficas 11 y 12 para los alumnos de sexto curso.

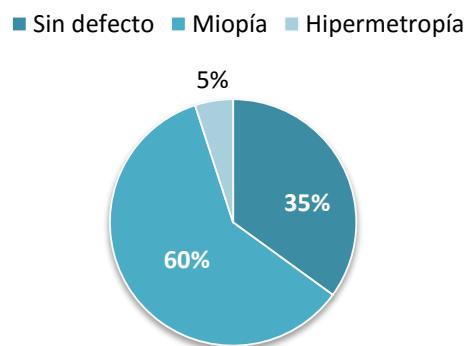
Errores refracción

1º OD



Errores refracción

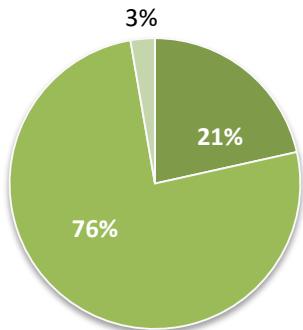
1º OI



Gráfica 9 y 10. Errores refracción de alumnos de primero de ambos ojos.

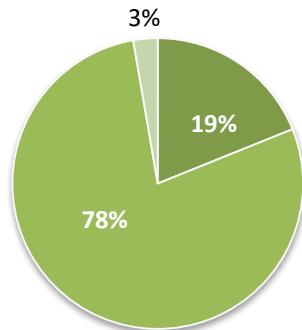
6º curso OD

■ Sin defecto ■ Miopía ■ Hipermetropía



6º curso OI

■ Sin defecto ■ Miopía ■ Hipermetropía



Gráfica 11 y 12. Errores refracción alumnos de sexto curso de ambos ojos.

El porcentaje de alumnos que no presentaban errores de refracción fue menor en los de sexto curso, con una frecuencia de 21,5% y 18,9 % para OD y OI respectivamente frente a un 42,5% y 35% para OD y OI de los alumnos de primer curso. La frecuencia de miopía fue mayor en los alumnos de sexto curso, encontrándose un 75,7% y 78,4% para OD y OI respectivamente, frente a un 52,5% y 60% para OD y OI de los alumnos de primer curso.

Respecto a la *hipermetropía* no se encontraron diferencias significativas, siendo la prevalencia de la misma de un 5% en el primer curso (dos individuos) y de un 2,7% en el sexto curso.

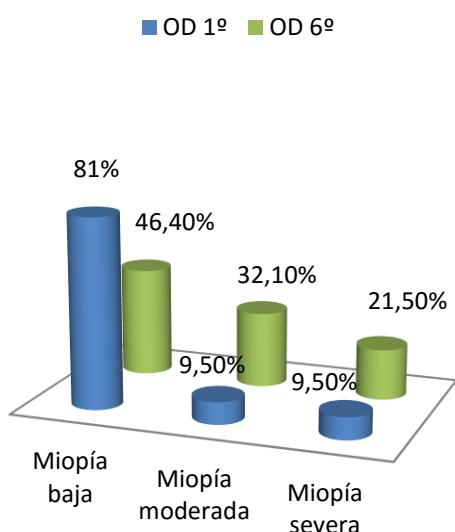
En relación a la *miopía*, en la Tabla IV queda reflejado de forma comparativa el grado de esta entre ambos cursos, expresado en %.

	1º curso		6º curso	
	OD	OI	OD	OI
Miopía baja	81%	83,4%	46,4%	44,8%
Miopía moderada	9,5%	8,3%	32,1%	37,9%
Miopía severa	9,5%	8,3%	21,5%	17,3%

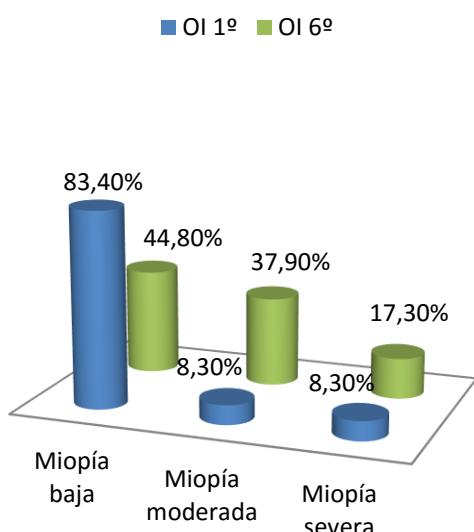
Tabla IV. Frecuencias de los diferentes grados de miopía en ambos cursos.

En dicha Tabla puede apreciarse un aumento de los grados moderado y severo en el curso de sexto respecto a los de primero, siendo estas diferencias significativas ($p=0,01$ OD y $p=0,005$ OI). Las prevalencias fueron: miopía baja en primer curso 81% OD y 83,4% OI frente a 46,4% OD y 44,8% OI de sexto; miopía moderada en primer curso 9,5% OD y 8,3% OI frente a un 32,1% OD y 37,9% OI de sexto; la miopía severa en primer curso era de un 9,5% en OD y 8,3% en OI frente a 21,5% en OD y 17,3% en OI. Es decir, tanto la miopía moderada como severa fueron más frecuentes en sexto curso mientras que en el primer curso lo fue la miopía media. Estos datos comparativos en cada ojo se muestran en los gráficos 13 y 14.

Grados miopía OD



Grados miopía OI



Gráficos 13 y 14. Prevalencias de grados de miopía OD y OI respectivamente de ambos cursos.

Astigmatismo.

Finalmente, respecto al *astigmatismo* los resultados obtenidos se recogen en la tabla V.

	1º curso		6º curso	
	OD	OI	OD	OI
SI	40%	22,5%	45,9%	35,1%
NO	60%	77,5%	54,1%	64,9%

Tabla V. Prevalencia de astigmatismo de ambos cursos.

No se encontraron diferencias significativas siendo la prevalencia del mismo de un 40% OD y 22,5% OI para el primer curso y de un 45,9% OD y 35% OI para el sexto. En cuanto al eje subjetivo de astigmatismo presentado los resultados fueron los que recoge la tabla VI.

Eje subjetivo	1º curso		6º curso	
	OD	OI	OD	OI
30º	6,25%	11,1%	11,75%	7,7%
60º	6,25%	-	11,75%	7,7%
75º	12,5%	-	-	7,7%
90º	31,25	55,6%	41,2%	53,8%
120º	12,5%	-	17,65%	7,7%
130º	-	11,1%	-	7,7%
150º	-	11,1%	11,75%	-
180º	31,25%	11,1%	5,9%	7,7%

Tabla VI. Frecuencias de los ejes de desviación subjetivos de ambos cursos.

En todos ellos el eje subjetivo de astigmatismo observado con más frecuencia fue el de 90º excepto para el OD de los alumnos de primer curso que aparecen con la misma frecuencia tanto el eje de 90º como el de 180º.

6. Discusión

La función visual es muy compleja y no del todo comprendida aún en la actualidad, por lo que la mayoría de los trabajos encontrados se fundamentan en explorar los cambios en algunas de las actividades oculares.

Los factores causantes o agravantes de una alteración en la agudeza visual son muy diversos: desnutrición, factores hereditarios, obesidad, trastornos endocrinos, déficits de calcio o vitaminas, utilización de gafas o lentes de contacto mal graduadas, exceso de actividad con objetos en proximidad^(12,13).

Por otra parte, aunque el margen de edad que comprende nuestro trabajo (18-30 años) no es el más proclive a la aparición de alteraciones importantes en la función ocular, sí que hay factores como la mayor necesidad de formación educativa, el uso continuado de ordenadores, móviles, etc., puede conllevar que aparezcan modificaciones en la visión que antiguamente no se daban o solamente en aquellas personas con actividad intelectual o manual determinada. En esta línea de hipótesis existen multitud de trabajos que establecen esta relación, de entre los que podemos destacar aquellos que determinan un aumento de la prevalencia de la miopía en aquellos lugares con mayor nivel educacional⁽¹⁴⁾. Muchos de ellos llevados a cabo en países asiáticos en el que los últimos años ha sufrido un aumento considerable en la prevalencia de la miopía que coincide con el aumento de desarrollo de estas sociedades y del nivel educacional de su población⁽¹⁵⁾. Por el contrario, Rudnicka⁽¹⁶⁾ y Kedir⁽¹⁷⁾ determinan una menor prevalencia de la miopía en aquellos lugares con menor escolarización como muestra sus estudios realizados en África y el este asiático.

En este sentido, García Muñoz⁽¹⁸⁾ ha señalado que los errores de acomodación son más frecuentes en la población universitaria que en personas de edad similar sin actividad docente, indicando una mayor dificultad en la convergencia ocular como el dato más relevante encontrado por este autor. Otros estudios establecen el aumento de la prevalencia de la miopía entre esta población: Lv⁽¹⁹⁾ lo confirma en su estudio en población universitaria médica china, así como Onal en su estudio en estudiantes de medicina turcos⁽²⁰⁾. Jacobsen⁽²¹⁾ en un estudio en la Universidad de Copenhagen en estudiantes de medicina, tras dos años de seguimiento establece una mayor prevalencia

de la miopía y un aumento de la graduación de la misma y un aumento de la longitud axial en este tiempo.

No obstante, no existe una uniformidad en la literatura en los datos encontrados al respecto. En este sentido Lin *et al.* no han obtenido relación entre el nivel de estudios y el de miopía, si bien se realiza la experiencia entre estudiantes de primaria y secundaria⁽²²⁾.

En relación a los cambios fisiológicos, en aquellos estudios donde aprecian una modificación de la función visual, es el aumento del diámetro axial el factor más importante encontrado con la consiguiente miopía que se origina^(23,24,25). También se encontraron cambios en la fisiología ocular en dos estudios realizados en población universitaria: Jorge⁽²⁶⁾ estudió durante 3 años una muestra de universitarios de Portugal en la que además de observar un aumento de la prevalencia de la miopía y una mayor progresión de la misma de más de media dioptría, observó también un aumento de elongación de la cámara vítreo. Kinge⁽²⁷⁾ por su parte realizó un estudio longitudinal entre estudiantes de ingeniería noruegos sobre los cambios biométricos aparecidos en los mismos y confirmó, como otros, la prevalencia de miopía aumentada para esta población y un aumento de elongación de la cámara vítreo. En este aspecto se ha observado de forma experimental, que la dopamina liberada desde la retina ejerce un efecto inhibidor de la elongación del eje axial⁽²⁸⁾.

Por otra parte, la progresión en los estudios es otro factor agravante de pérdida en la agudeza visual. En este sentido, diversos autores han señalado este hecho en diferentes etapas de escolarización^(29,30). En nuestro trabajo se aprecia un incremento en la aparición de miopía en alumnos emétropes inicialmente y en aquellos alumnos que ya tenían miopía al inicio de sus estudios universitarios un agravamiento en la intensidad de la misma. Se aprecia que en torno a un 76% de los alumnos de sextos curso presentan miopía frente al 55% de los de primer curso, así como la presencia de mayores grados de miopía en los alumnos de sexto curso, donde en torno a un 35% presenta miopía moderada y un 20% miopía grave mientras que respectivamente en los alumnos de primer curso aparece un 9% para ambos grados. Además el 86% de los alumnos de sexto refieren que han tenido que incrementar su graduación a lo largo de la carrera. Es importante señalar, que cuando se ha hecho la prueba de la AVcc, existe una pérdida en el número de alumnos de sexto curso respecto a los de primero que alcanzan

la denominada AV óptima (≥ 1), lo cual indicaría un deterioro en la función visual. Además, la mayor frecuencia de alumnos de sexto con miopía severa obtenida en este trabajo es indicativo también de ese agravamiento de la función visual. Evidentemente para poder afirmar este dato con mayor precisión, debería hacerse un estudio transversal, con los mismos estudiantes en su inicio, en la mitad de la carrera y al final de la misma; pero este hecho es inviable por las características temporales del trabajo fin de grado.

Hay que destacar además que los porcentajes de alumnos con defectos de refracción en primer curso son muy superiores a los obtenidos por otros autores en países nórdicos con estudiantes universitarios de edad similar. En Dinamarca un 19 % de los estudiantes de 1º curso son miopes mientras que en Noruega asciende a un 37 % cifras que se quedan muy por debajo de lo encontrado en este trabajo^(31,32,33). Es difícil determinar la causa de esta situación y posiblemente sea debido a hechos multifactoriales que vayan desde razones genéticas, planes de estudios previos al ingreso en la Universidad, actividades deportivas o sociales muy diferente a las de nuestro ámbito, etc. La importancia en alguno de los aspectos señalados viene determinada en relación por ejemplo con la lectura como factor de riesgo de miopía^(34,35) y actividad física; en este sentido, es conocido el efecto beneficioso del ejercicio para compensar las horas de estudio. Se ha determinado que una hora/día de actividad física al aire libre compensa a tres horas de estudio/día⁽³⁶⁾.

Otro factor interesante en la aparición o agravamiento de la miopía es el tipo de estudios universitarios realizados. En estudiantes del norte europeo, Jacobsen et al., señalan un riesgo mayor de aparición o agravamiento de la agudeza visual en los estudiantes de Medicina frente a los de ciencias técnicas, debido al mayor tiempo utilizado en la lectura para el aprendizaje y estudio en los primeros. En este sentido, Kinge et al., han indicado que es un factor más importante para la progresión de la miopía la actividad de lectura o estudio que el tiempo que se está frente a un ordenador o una televisión lo que abogaría hacia la idea expresada anteriormente⁽³⁷⁾. Otros estudios que refuerzan esta hipótesis son los nombrados anteriormente^(19,20,21). ¿Están nuestros alumnos/compañeros de Medicina más afectados que los de otras titulaciones debido al tipo de estudio?. La respuesta a esta cuestión, en nuestro ámbito universitario, queda abierta para estudios posteriores.

Se han estudiado también los posibles factores que pueden afectar a la función visual en el trabajo intelectual. En este sentido, Ip et al., han señalado que la miopía está más relacionada con la continuidad y distancia en la lectura. Así distancias inferiores a 30 cm tienen más riesgo de agravar o producir trastornos en la agudeza visual que distancias mayores⁽³⁸⁾; del mismo modo sucede con una permanencia en la lectura por tiempo superior a 30-40 minutos sin descanso^(39,40,41). En cambio para Hua et al., es la intensidad de la luz en las clases o la iluminación en la lectura el factor más importante en la prevención para la aparición de miopía. Estos factores no han sido analizados en este trabajo si bien en el caso de las clases, el efecto luz es similar para los alumnos de 1º y 6º⁽⁴²⁾.

Con respecto al sexo, aunque hay más chicas con miopía, debido a que es mayor la presencia femenina entre el alumnado y corrigiendo este factor, no se han encontrado diferencias significativas entre ambos sexos (datos no publicados en el trabajo). Los datos en la literatura al respecto son dispares. Unos autores han encontrado una mayor incidencia en la mujer de miopía señalando que esto es debido a que la mayor actividad deportiva en el hombre ejerce de factor de protección frente a la miopía⁽⁴³⁾, mientras que para otros autores como en nuestro caso no encontramos esa diferencia en cuanto al sexo⁽⁴⁴⁾.

Con respecto a las diferencias en la afectación entre ojo derecho e izquierdo, no hemos encontrado datos al respecto en la literatura, en estudios similares al nuestro. En nuestra opinión, las diferencias encontradas entre ambos ojos puede deberse al efecto de dominancia para la visión lejana y/o cercana, ya que en general un ojo siempre es dominante en uno de los tipos de visión.

En relación a la *hipermetropía* en el estudio no se encontraron diferencias significativas entre los dos cursos con una prevalencia muy baja, siendo estos resultados los esperados, pues este error de refracción no suele ser muy frecuente en la población y, además, en las personas jóvenes no suele ser muy apreciable puesto que el cristalino suele tener la capacidad de compensar este error⁽³⁾.

Respecto al *astigmatismo*, se ha analizado por la influencia que tiene en la determinación de la agudeza visual. Según los resultados obtenidos en el estudio, no se presentan diferencias significativas entre los dos cursos, apareciendo unas prevalencias muy similares para cada ojo. En el mismo sentido, Grosvenor ha señalado que no se

producen grandes cambios en el astigmatismo durante toda la fase de crecimiento al menos de forma apreciable y, señala además, que la persona que posee astigmatismo este es anterior al inicio de la escolarización. No obstante, el uso cada vez mayor de lentes de contacto y en edades más jóvenes provoca un mayor índice de astigmatismo, debido al aplanamiento que producen en la córnea⁽¹⁰⁾.

En conclusión podemos señalar por los datos obtenidos en este trabajo y de los numerosos trabajos referentes a este aspecto, no se está teniendo en cuenta el efecto que sobre la visión tiene las horas de preparación mediante el estudio. Sería necesaria una planificación muy diferente de la docencia y del aprendizaje para evitar cambios en la visión que difícilmente son recuperables en etapas posteriores de la vida.

7. Bibliografía

- 1) Silbernag S, Despopoulos A. (2001). Atlas de bolsillo de fisiología humana. Harcourt, 5^a edición.
- 2) Guyton, CG, Hall JE. (2006). Tratado de Fisiología Médica. Elsevier, 11^a edición.
- 3) Grosvenor T. (2004). Optometría de atención primaria. Masson, 4^a edición.
- 4) Kaufman PL, Alm A. (2004). Fisiología del ojo. Aplicación clínica. Elsevier, 10^a edición.
- 5) Aldaba M, Saez M, Martín R. (2006). Medida de la agudeza visual. Ver y oír, 209:462-7.
- 6) Aldaba M. (2012). Medida de la respuesta acomodativa con un sistema de doble paso. Aplicación al estudio de la acomodación en función de la edad. Tesis. Universidad politécnica de Barcelona. Departamento de óptica y optometría.
- 7) Martín R, Vecilla G. (2011). Manual de optometría. Panamericana.
- 8) Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, Jong M. (11 febrero 2016). Global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology*.
- 9) Morgan M. (1958). Changes in refraction over a period of twenty years in a nonvisually selected sample. *American journal of optometry*, 35: 281-299.
- 10) Grosvenor T. (Mayo 1977). A longitudinal study of refractive changes between ages 20 and 4, part 5: changes in astigmatism. *Optometry. Monthly*, vol. 68, 475-478.
- 11) Goss D, Erickson P, Cox D. (1985). Prevalence and pattern of adult myopia progression in a general optometric practice population. *American journal of Optometry*. 62: 470-477.
- 12) Cerovski B. (2004). Refrakcija oka. In: Čupak K, editor. *Oftalmologija*. Zagreb: Nakladni zavod Globus, 985–1026.
- 13) Saw SM, Katz J, Schein OD, Chew SJ, Chan TK. (1996). Epidemiology of myopia. *Epidemiol Rev*, 18:175–187.
- 14) Fan Q, Verhoeven VJ, Wojciechowski R. (29 marzo 2016). Meta-analysis of gene-environment-wide association scans accounting for education level identifies additional loci for refractive error. *Nature Communications*.
- 15) Wu, Hui-Min MBBS, MSc. (Abril 2011). Does Education Explain Ethnic Differences in Myopia Prevalence? A Population-Based Study of Young Adult Males in Singapore. *Optometry & Vision Science*, 78(4): 234-239.
- 16) Rudnicka AR, Kapetanakis VV, Wathern AK. (22 enero 2016). Global variations and time trends in the prevalence of childhood myopia, a systematic review and quantitative meta-analysis: implications for aetiology and early prevention. *British Journal of Ophthalmology*.
- 17) Kedir J, Girma A. (Octubre 2014). Prevalence of refractive error and visual impairment among rural school-age children of Goro District, Gurage Zone, Ethiopia. *Ethiopian Journal of Health and Science*.

- 18) García-Muñoz Á, Carbonell-Bonete S, Cantó-Cerdán M. (29 marzo 2016). Accommodative and binocular dysfunctions: prevalence in a randomised sample of university students. *Clinical and Experimental Optometry*.
- 19) Lv L, Zhang Z. (Enero 2013). Pattern of myopia progression in Chinese medical students: a two-year follow-up study. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*.
- 20) Onal S, Toker E, Akingol Z, Arslan G, Ertan S, Turan C, Kaplan O. (Marzo 2007). Refractive errors of medical students in Turkey: one year follow-up of refraction and biometry. *Optometry & Visual Science*.
- 21) Jacobsen N, Jensen H, Goldschmidt E. (2007). Prevalence of myopia in Danish conscripts. *Acta Ophthalmol Scand*, 85:165–170.
- 22) Lin Z, Vasudevan B, Jhanji V, Mao GY, Gao TY, Wang FH, Rong SS, Ciuffreda KJ, Liang YB. (2007). Near work, outdoor activity, and their association with refractive error. *Optom Vis Sci*, 91(4):376-82.
- 23) You QS, Wu LJ, Duan JL, Luo YX, Liu LJ, Li X, et al. (2012). Factors associated with myopia in school children in China: the Beijing childhood eye study. *PLOS One*.
- 24) Xiao Y, Xiangming G, Weizhong L, Zhikuan Y, Xiang C, Xingwu Z, et al. (2006). Effects of different reading distances on the accommodation of children with myopia. *Chin J Pract Ophthalmol*; 24: 138–141.
- 25) Wu L, Wang Y, You Q, Duan J, Luo Y, Liu L, et al. (2015). Risk factors of myopic shift among primary school children in Beijing, China: A Prospective Study. *International Journal Medicine Science*; 12: 633–638.
- 26) Jorge J, Almeida JB, Parafita MA. Refractive, biometric and topographic changes among Portuguese university science students: a 3-year longitudinal study. *Ophthalmic and Physiological Optics*: 27(3): 287–294.
- 27) Kinge B, Midelfart A. (20 Junio 2003). Biometric changes in the eyes of Norwegian university students – A three-year longitudinal study. *Acta Ophthalmological Scandinavian Foundation*, 77(6).
- 28) Dong F, Zhi Z, Pan M, Xie R, Qin X, Lu R, et al. (2011). Inhibition of experimental myopia by a dopamine agonist: different effectiveness between form deprivation and hyperopic defocus in guinea pigs. *Mol Vis*; 17: 2824–2834.
- 29) Yu L, Li ZK, Gao JR, Liu JR, Xu CT. (2011). Epidemiology, genetics and treatments for myopia. *Int J Ophthalmol*; 4(6):658–669.
- 30) Rosenfield M, Gilmartin B. (2004). Myopia and Near Work, Reed Educational and Professional Publishing Ltd. 1998; Saw SM, Tan SB, Fung D, et al. IQ and the association with myopia in children. *Ophthalmology Visual Science*; 45(9):2943–2948.
- 31) Fledelius HC. (2000). Myopia profile in Copenhagen medical students 1996–98. Refractive stability over a century is suggested. *Acta Ophthalmol Scand*; 78:501–505.
- 32) Kinge B, Midelfart A. (1994). Refractive errors among engineering students in Norway. *Ophthalmic Epidemiology*; 1:5–13.

- 33) Guo L, Yang J, Mai J, Du X. (11 March 2016). Prevalence and associated factors of myopia among primary and middle school-aged students: a school-based study in Guangzhou. *Eye*.
- 34) Cuellar-Partida G, Lu Y, Kho PF. (Enero 2016). Assessing the Genetic Predisposition of Education on Myopia: A Mendelian Randomization Study. *Genetic Epidemiology*.
- 35) Jacobsen N; Jensen H; Goldschmidt E. (April 2008). Does the Level of Physical Activity in University Students Influence Development and Progression of Myopia?—A 2-Year Prospective Cohort Study. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 49:1322-1327.
- 36) Kinge B, Midelfart A, Jacobsen G, Rystad J. (2000). The influence of near-work on development of myopia among university students: A three-year longitudinal study among engineering students in Norway. *Acta Ophthalmol Scand*; 78(1):26–29.
- 37) Ip JM, Saw SM, Rose KA, Morgan IG, Kifley A, Wang JJ, et al. (2008). Role of near work in myopia: findings in a sample of Australian school children. *Invest Ophthalmology Visual Science*, 49: 2903–2910.
- 38) Xiao Y, Xiangming G, Weizhong L, Zhikuan Y, Xiang C, Xingwu Z, et al. (2006). Effects of different reading distances on the accommodation of children with myopia. *Chin J Pract Ophthalmol*; 24: 138–141.
- 39) Zhou J, Ma YH, Ma J. (Enero 2016). Prevalence of myopia and influencing factors among primary and middle school students in 6 provinces of China. *Zhonghua Liu Xing Bing Xue Za Zhi*.
- 40) Ip JM, Saw SM, Rose KA. (Julio 2008). Role of near work in myopia: findings in a sample of Australian school children. *Investigate Ophthalmology and Visual Science*.
- 41) Hua WJ, Jin JX, Wu XY, Yang JW, Jiang X, Gao GP, Tao FB. (Mayo 2015). Elevated light levels in schools have a protective effect on myopia. *Ophthalmic Physiol Opt*;35(3):252-62.
- 42) Pärssinen O, Lyyra AL. (1993). Myopia and myopic progression among schoolchildren: A three year follow up study. *Invest Ophthalmology Visual Science*; 34:2794–2802.
- 43) Lu B, Congdon N, Liu X, Choi K, Lam DS, Zhang M, Zheng M, Zhou Z, Li L, Liu X, Sharma A, Song Y. (2009). Associations between near work, outdoor activity, and myopia among adolescent students in rural China: Xichang pediatric refractive error study report No.2. *Arch Ophthalmol*; 127:769–775.
- 44) KingeB, MidelfartA. (1994). Refractive errors among engineering students in Norway. *Ophthalmic Epidemiology*; 1:5–13.

8. ANEXOS

1. Se adjunta copia de la plantilla con la que se recogieron los datos de cada individuo para el estudio.

2. Resolución del permiso para la realización del estudio.